



تعیین کروموزوم‌های حامل ژن‌های کنترل‌کننده ویژگی‌های کمی مرتبط با تحمل به خشکی در گندم نان با استفاده از لاین‌های جایگزین

* سیدصادق موسوی^۱، سعداله هوشمند^۲، شهرام محمدی^۲ و محمود خدامباشی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

^۲ عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

چکیده

برای شناسایی ژن‌های کنترل‌کننده صفات در محیط تنش و بدون تنش، گام اول شناسایی کروموزوم‌های حامل این صفات می‌باشد. به منظور شناسایی کروموزوم‌های کنترل‌کننده مقاومت به خشکی و تعیین شاخص‌های تحمل به خشکی مناسب، لاین‌های جایگزین کروموزومی گندم هوب در زمینه ژنتیکی بهاره چینی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط تنش و بدون تنش آبی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر مبنای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش آبی (Yp) و تنش آبی (Ys) شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل تنش (STI) برآورد گردیدند. لاین‌ها از نظر ویژگی‌های مورد مطالعه در هر دو شرایط اختلاف معنی‌داری نشان دادند، که دلالت بر امکان تعیین ژن‌های کنترل‌کننده این صفات بر کروموزوم‌های مربوطه دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ژن‌های کنترل‌کننده عملکرد دانه و اجزاء آن در شرایط تنش آبی بر روی کروموزوم‌های 6A، 7A، 3D، 2B، 7D و 7B قرار دارند. تحلیل همبستگی بین شاخص‌ها و میانگین عملکرد در دو محیط نشان داد مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب لاین‌ها سه شاخص MP، GMP و STI می‌باشد. نتایج نمودارهای بای‌پلات و سه‌بعدی نشان داد که بیشتر ژن‌های کنترل‌کننده شاخص‌های تحمل ذکر شده بر روی کروموزوم‌های 6B، 4D، 7A، 7B، 7D، 6A، 2B، 3D و 1A قرار دارند. تجزیه خوشه‌ای نشان داد که لاین‌های 6A، 7A، 3D، 4D، 7B، 7D و 2B و هوب در یک گروه قرار گرفته‌اند لذا می‌توان از آنها برای اصلاح ژنتیکی تحمل به خشکی در گندم بهره جست.

واژه‌های کلیدی: تحمل به خشکی، شاخص‌های تحمل به خشکی، گندم، لاین‌های جایگزین کروموزومی.

* - مسئول مکاتبه: sadeghmosavifard@gmail.com

مقدمه

کمبود آب مهمترین فاکتور کاهش عملکرد در نواحی نیمه خشک می باشد (کریگوی و همکاران، ۲۰۰۴). همبستگی مثبت بین عملکرد ژنوتیپها و شرایط آبیاری نقطه شروع برای تعیین ویژگی های مرتبط با تحمل به خشکی بوده است (قسمپور و کیانیان، ۲۰۰۷). با توجه به کاهش بارندگی های سالانه و افزایش خشکی و دمای هوا، ایجاد ارقام متحمل و دارای پتانسیل عملکرد بالا برای اصلاحگران اهمیت بسیاری دارد (کوواری و همکاران، ۱۹۹۹).

اطلاع از کنترل ژنتیکی یک صفت کمی مثل تحمل به خشکی پیش نیاز تعیین روش اصلاحی، پی بردن به ژنتیک هتروزیس، انجام عمل انتخاب در نسل های مناسب و تولید ارقام خالص یا هیبرید در یک برنامه اصلاحی است. لذا مطالعه ساختار ژنتیکی صفات کمی توسط روش های آماری، سیتوژنتیکی و مولکولی مورد بحث قرار گرفته است (اسکیدج و همکاران، ۲۰۰۰).

نظر به این که ساختار یک صفت کمی در هر فرد و ظهور فنوتیپ آن به شدت تحت تاثیر عوامل محیطی است، لذا یکی از موانع اطلاع از کنترل صفات کمی وجود اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط است (کواری، ۲۰۰۵). بنابراین آزمایش نهایی برای پی بردن به ژنوتیپ های مقاوم به خشکی پی بردن به وضعیت عملکرد آنها در شرایط خشک است (اهدایی، ۱۹۹۳). با توجه به این مطالب کمی کردن شاخص های تحمل به خشکی باید بر مبنای عملکرد دانه در شرایط خشک صورت گیرد (فیشر و موریر، ۱۹۷۸). شاخص های کمی متعددی برای انتخاب ژنوتیپها بر مبنای وضعیت عملکرد آنها در محیط های دارای تنش و بدون تنش پیشنهاد شده است که بر مبنای آنها ژنوتیپها در شرایط یکنواخت در دو رژیم آبی و تنش آبی مقایسه می شوند (فرناندز، ۱۹۹۲؛ کریستین و همکاران، ۱۹۹۷؛ هیتالمانی و همکاران، ۲۰۰۳).

در طول دو دهه گذشته مطالعات زیادی در گندم با استفاده از لاین های جایگزین صورت گرفته است که در نهایت منجر به شناسایی کروموزوم هایی شده است که در پاسخ به خشکی و دیگر تنش های غیرزنده نقش داشته اند. از این یافته ها در بهبود عملکرد گندم در شرایط تنش استفاده می شود (کتیویلی و همکاران، ۲۰۰۲؛ کردنیچ، ۲۰۰۸). یکی از روش های تعیین محل های کروموزومی شاخص های تحمل به خشکی استفاده از روش های سیتوژنتیکی مانند تجزیه مونوزومی و تجزیه لاین های جایگزین شده کروموزومی می باشد (اهدایی، ۱۹۹۳؛ معروفی، ۱۹۹۸). از لاین های جایگزین شده کروموزومی برای مطالعه اثرات انفرادی کروموزومها یا ژن ها در ژنوتیپ های دارای زمینه ژنتیکی

متفاوت استفاده شده است (فرشادفر و همکاران، ۱۹۹۵). این لاین‌ها خصوصاً برای تعیین محل ژن‌های کنترل‌کننده صفات کمی (QTLs) بسیار مفید هستند (کردنیچ، ۲۰۰۸). لاین‌های جایگزین شده کروموزومی دارای ثبات بیشتری نسبت به لاین‌های مونوزومی و تری‌زومی هستند (فرشادفر، ۱۹۹۸).

با استفاده از لاین‌های جایگزین شده کروموزومی گندم بهاره چینی و کاپلی ژن‌های کنترل‌کننده صفات فیزیولوژیک مربوط به تحمل به خشکی مثل میزان آب نسبی برگ، میزان آب از دست رفته برگ و شاخص حساسیت به خشکی بر روی کروموزوم‌های 1A، 5A، 7A، 4B، 5B، 1D، 3D و 5D شناسایی شده‌اند (فرشادفر و همکاران، ۱۹۹۵). از لاین‌های جایگزین شده کروموزومی برای شناسایی ژن‌های کنترل‌کننده تحمل به شوری در گندم نیز استفاده شده است و کروموزوم‌های 5A و 5D به‌عنوان حاملین ژن‌های کنترل‌کننده تحمل به شوری معرفی شده‌اند (کینگ و همکاران، ۱۹۹۶؛ کوپنر و همکاران، ۱۹۹۶). برای اصلاح عملکرد و سایر صفات زراعی نیز از لاین‌های جایگزین شده کروموزومی استفاده شده است (الیس و همکاران، ۱۹۹۶). با استفاده از ۲۱ مونوزومی وارسته بررسی در شرایط مزرعه معلوم شده است که کروموزوم‌های 1A، 3B، 2A، 5A، 7A و 7D در وزن هزار دانه مؤثر هستند و در آزمایش دیگری با استفاده از لاین‌های جایگزین وارسته هوپ در گندم بهاره چینی کروموزوم‌های 1B، 3A، 4A، 5B، 6A و 7B حامل ژن‌های مؤثر در وزن هزار دانه شناخته شدند (لاو، ۱۹۶۵). کروموزوم‌هایی که حامل ژن‌های تاریخ خوشه‌دهی هستند در ارقام مختلف متفاوت هستند و به طور کلی نزدیک به تمام ۲۱ کروموزوم در ارقام مختلف، مرتبط با این صفت گزارش شده‌اند. در وارسته بررسی ژن‌های خوشه‌دهی روی کروموزوم‌های 2A، 2B، 3A، 4B، 5D و 7A قرار دارند (لایتون، ۱۹۸۷).

با استفاده از رگه‌های جایگزین کروموزومی رقم تاچر و هوپ در گندم بهاره چینی کروموزوم‌های کنترل‌کننده صفاتی مثل عملکرد، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و ارتفاع تعیین گردیده است (دشتی و همکاران، ۲۰۰۱). با استفاده از رگه جایگزین کروموزوم 7B از رقم هوپ در گندم بهاره چینی و تلاقی این رگه با والد دریافت‌کننده، ثابت شده است دو ژن روی کروموزوم 7B وجود دارند که در ظهور خوشه مؤثر هستند و این کروموزوم دارای ژن دیگری به نام Pc است که باعث رنگ ارغوانی ساقه در هوپ می‌شود (لاو، ۱۹۶۵).

کیندورس و همکاران (۲۰۰۹) از لاین‌های جایگزین گندم دوروم لنگدون (Langdon-durum) در زمینه ژنتیکی *T. dicocoides* برای تعیین کروموزوم‌های حامل ژن‌های میزان بالای پروتئین دانه استفاده نمودند و گزارش کردند که کروموزوم‌های 1A، 2A، 5B و 7B حامل این ژن‌ها می‌باشند. موتسنی و همکاران (۲۰۰۹) از لاین‌های جایگزین شده برای تعیین ویژگی‌های خاص یک کروموزوم استفاده نمودند.

این تحقیق به منظور تعیین کروموزوم‌های حامل ژن‌های کنترل کننده شاخص‌های تحمل به خشکی با استفاده از لاین‌های جایگزین شده کروموزومی گندم هوپ در زمینه ژنتیکی گندم بهاره چینی در سال ۱۳۸۷ به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین کروموزوم‌های حامل ژن‌های کنترل کننده شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم، سری کامل دی‌زومی لاین‌های جایگزین شده کروموزومی گندم هوپ به عنوان والد دهنده کروموزوم در زمینه ژنتیکی گندم بهاره چینی (شامل ۲۱ ژنوتیپ جایگزین به همراه دو والد) در یک طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار تحت دو آزمایش جداگانه تنش و بدون تنش آبی در یک آزمایش گلدانی در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد ارزیابی گردیدند. ژنوتیپ‌های 4A و 5A در آزمایش تحت تنش آبی از بین رفتند. کاشت بذر در اسفند ۱۳۸۶ صورت گرفت و از هر ژنوتیپ سه عدد بذر در گلدان‌هایی به قطر دهانه ۲۵ سانتیمتر به عنوان یک واحد آزمایشی کشت گردید.

اعمال تنش از مرحله خوشه‌دهی آغاز گردید. به دلیل حساس بودن لاین‌های جایگزین و جلوگیری از عدم تشکیل بذر، آبیاری به صورت هر هفت روز یک بار صورت گرفت. اما قبل از مرحله گلدهی در هر دو تیمار تنش و بدون تنش، آبیاری بصورت هر ۳ روز یک بار انجام شد. این کار در آزمایش بدون تنش تا برداشت بذر به همان روال قبلی انجام گرفت. در آزمایش مذکور صفات طول خوشه، وزن خوشه‌های اصلی و فرعی، عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، عملکرد دانه در شرایط تنش، تعداد دانه در خوشه‌های اصلی و فرعی، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، وزن دانه در خوشه اصلی و فرعی اندازه‌گیری شده است. با استفاده از عملکرد گیاهان در شرایط بدون تنش و شرایط تنش شاخص‌های تحمل به خشکی به شرح ذیل محاسبه گردید:

۱- شاخص تحمل (TOL)

$$TOL = Y_p - Y_s$$

۲- شاخص بهره‌وری متوسط (MP) (روزیل و همبلینگ، ۱۹۸۱).

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$$

در این فرمول‌ها Y_s عملکرد دانه در شرایط تنش آبی است و Y_p عملکرد دانه در شرایط بدون تنش آبی است.

۳- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (فیشر و مویر، ۱۹۷۸).

$$SI = 1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right) \quad \text{و} \quad SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{SI}$$

در این فرمول SI، شدت تنش، \bar{Y}_s میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و \bar{Y}_p میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش است.

۳- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

۴- شاخص تحمل تنش (STI) (فرناندز، ۱۹۹۲؛ کریستین و همکاران، ۱۹۹۷).

$$STI = \left(\frac{Y_p}{\bar{Y}_p}\right) \left(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s}\right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

نمودار سه بعدی رابطه بین سه متغیر Y_s ، Y_p و یکی از شاخص‌های تحمل به خشکی بدست آمده یعنی، MP ، STI و GMP را نشان می‌دهد (فرناندز، ۱۹۹۲؛ نورمند مؤید، ۱۹۹۷). با توجه به این

سه معیار لاین‌های جایگزینی به چهار گروه A، B، C و D تقسیم شدند:

گروه A- ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط بدون تنش و تنش.

گروه B- ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط بدون تنش.

گروه C- ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط تنش.

گروه D- ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایین در هر دو محیط بدون تنش و تنش.

به منظور انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل مربعات از نرم‌افزار SAS و برای تجزیه همبستگی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، نمودارهای سه‌بعدی و نمودار بای‌پلات از نرم‌افزار آماری STATISTICA 6.0 استفاده شد.

محل برش و تعیین تعداد خوشه‌ها بر اساس روش روش MANOVA انجام گردید و محلی که بیشترین مقدار F را نشان داد به عنوان محل برش تعیین گردید (سرخه و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌دار ($P < 0.01$) بین لاین‌های جایگزین‌شده کروموزومی از نظر کلیه صفات مورد مطالعه وجود دارد که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌ها از نظر صفات مورد نظر است. به‌علاوه از آنجا که در هر ژنوتیپ یک کروموزوم جایگزین شده است لذا می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که کروموزوم‌های والد دهنده سبب تنوع در زمینه ژنتیکی والد گیرنده شده‌اند. وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌های جایگزین‌شده کروموزومی از نظر صفات وزن دانه و عملکرد توسط الیس و همکاران (۱۹۹۶) مورد تایید قرار گرفته است. مقایسه میانگین لاین‌ها در جدول ۱ و ۲ آمده است. مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش بین ۰/۸۷ گرم در هر بوته برای لاین 3A تا ۱/۴۲ گرم برای لاین جایگزین 1A متغیر بود. بین گندم هوپ و گندم بهاره چینی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نظر به این که لاین‌های جایگزین 7D، 6A، 2B، 4D، 3D، 1A و 7A با والد دهنده در یک گروه قرار گرفته‌اند و با والد گیرنده نیز اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارند لذا می‌توان گفت که با احتمال ۹۵ درصد ژن‌های کنترل‌کننده عملکرد دانه در شرایط بدون تنش بر روی کروموزوم‌های 7D، 6A، 2B، 4D، 3D، 1A و 7A قرار گرفته‌اند. بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش متعلق به لاین‌های 3D، 2B، 6A، 7D، 7B و 7A بود. واریته هوپ دارای عملکرد بیشتری از واریته بهاره چینی بود. علت این برتری را می‌توان به کروموزوم‌های 3D، 2B، 5D، 7D، 6A، 7B و 7A منتسب کرد.

در شرایط تنش بیشترین تعداد دانه در سنبله اصلی متعلق به لاین 4D و بیشترین تعداد دانه در سنبله فرعی متعلق به لاین 3D بود. بیشترین وزن خوشه اصلی در شرایط تنش به لاین 4D و در خوشه فرعی به لاین 7D متعلق بود. در شرایط تنش بیشترین وزن دانه در سنبله اصلی و فرعی به‌ترتیب متعلق به لاین 4D و 3D بود. از نظر وزن خوشه اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها مشاهده شد.

از نظر بقیه صفات ذکر شده اختلاف معنی‌داری بین دو لاین والدی وجود نداشت. وجود ژن‌های کنترل‌کننده عملکرد و اجزای عملکرد بر روی کروموزوم 7A توسط فرشادفر و همکاران (۱۹۹۵) و کواری و همکاران (۲۰۰۶) و کروموزوم 4B توسط الیس و همکاران (۱۹۹۶) مورد تایید قرار گرفته است. وجود ژن‌های کنترل‌کننده عملکرد و اجزاء عملکرد تحت شرایط خشکی بر روی کروموزوم‌های 4D و 7A توسط کردنیچ (۲۰۰۸) گزارش شده است.

از شاخص‌های متعددی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش استفاده می‌شود. برای تعیین بهترین شاخص تحمل، ضریب همبستگی بین این شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش محاسبه گردید (جدول ۳). عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با شاخص‌های MP، GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P < 0/001$) نشان داد، لذا می‌توان آن‌ها را به عنوان شاخص‌های برتر معرفی نمود. مقدار شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) در واریته هوپ بیشتر از گندم بهاره چینی است. بنابراین بین این دو واریته از نظر شاخص تحمل به خشکی تنوع وجود دارد. علت این برتری را می‌توان به کروموزوم‌های 2B، 3D، 5D، 6A و 7D، 7B و 7A نسبت داد.

انتخاب شاخص میانگین هندسی در غربال کردن لاین‌های مقاوم به خشکی در نخود توسط امام جمعه (۱۹۹۹) و در لاین‌های جایگزین شده کروموزومی در گندم توسط معروفی (۱۹۹۸) مورد تایید قرار گرفت. کریستین و همکاران (۱۹۹۷) در مطالعه بر روی ارقام لوبیا شاخص GMP را به عنوان شاخص مطلوب انتخاب نمود. گل‌آبادی و همکاران (۲۰۰۶) از شاخص‌های MP، STI و GMP برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در گندم دوروم استفاده نمودند. ملکی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی ۱۲ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی نشان دادند که شاخص‌های MP، STI و GMP دارای بیشترین همبستگی با عملکرد دانه هستند و می‌توانند برای گزینش واریته‌های متحمل به خشکی استفاده شوند.

جدول ۱- مقایسات میانگین صفات مورد بررسی در شرایط بدون تنش آبی

رتبه‌بندی	طول پونه (سانتی متر)	طول خوشه (سانتی متر)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد ماده بدون تنش (گرم در پونه)	وزن ماده در سنبله (گرم در خوشه)	وزن ماده در سنبله اصلی (گرم در خوشه)	تعداد ماده در سنبله فرعی	تعداد ماده در سنبله اصلی	وزن خوشه فرعی (گرم در خوشه)	وزن خوشه اصلی (گرم در خوشه)	مسلک‌دهی بیولوژی (گرم در پونه)
۱A	۶۷/۰۰۰-d	۰/۸۸۴۱	۳۳/۰۴۵b	۱/۴۲۰۰a	۰/۳۳۰۰a	۰/۷۸۲b-e	۷۸/۳۰a	۳۲/۰۰b-e	۰/۸۸۰۰a	۱/۰۰۰b-e	۶۷/۲۰۰-e
۱B	۶۴/۰۰۰-d	۶۱/۰۰۰-d	۲۰/۰۳۲bcd	۱/۰۹۱cd	۰/۳۸۰۰d-h	۰/۸۱۶d-g	۱۷/۶g-j	۳۴/۰bc	۰/۰۷۶d-g	۱/۰۰۰c-g	۰/۴۱۱j
۱D	۰۹/۱۶d	۰/۸۸۴۱	۱۶/۰۵۰c-f	۱/۰۰۰cde	۰/۳۸۱c-h	۰/۶۸۳efg	۲۱/۳d-h	۲۹/۳c-f	۰/۰۹۳c-f	۰/۰۹۰e-h	۶۷/۰c-g
۲A	۶۶/۶۷a-d	۶۷/۲۰۰-d	۱۸/۱۱cde	۱/۰۰۰cde	۰/۴۵b-b-f	۰/۶۲۰۰f-i	۲۵/۰۰a-d	۳۲/۰b-e	۰/۶۸۰bcd	۰/۰۸۰g	۰/۸۰۰gh
۲B	۶۸/۴۱a	۶۳/۳۰a-d	۱۴/۰۰f	۱/۲۹۰ab	۰/۸۱۰bcd	۰/۸۱۰bcd	۲۰/۶d-h	۳۷/۰ab	۰/۰۷۷b	۱/۱۲۰abc	۹/۳۳a
۲D	۶۴/۳۳a-d	۶۰/۵b-f	۱۸/۰۸c-f	۰/۸۱۰efg	۰/۲۹b-b-k	۰/۶۱۳ghi	۲۶/۰ab	۲۸/۰c-f	۰/۰۲۰e-i	۰/۹۱۲g	۰/۰۰۰j
۳A	۶۶/۷۲abc	۰/۷۳۱ij	۱۴/۳۳f	۰/۸۷۳g	۰/۴۲۳jk	۰/۳۳۰۰f-i	۲۰/۳e-h	۲۸/۰c-f	۰/۴۳۰ij	۰/۸۸۲d-g	۶/۰۹e-i
۳B	۶۵/۶۷a-d	۶۳/۰c-i	۱۴/۹۰ef	۰/۸۸۰d-g	۰/۳۳۳f-i	۰/۶۱۶f-i	۳۳/۰b-e	۳۰/۰cde	۰/۰۵۳e-h	۰/۰۰۳g	۶/۰۰c-f
۳D	۶۷/۰۰۰-d	۶۳/۰c-h	۱۷/۱۹c-f	۱/۲۵b-c	۰/۳۳۳f-i	۰/۸۳۸abc	۲۰/۰e-h	۴۲/۰a	۰/۰۵۳e-h	۱/۰۹۰bcd	۷/۰۰bc
۴A	۶۶/۴۱a-d	۰/۹۶۰e-i	۱۶/۷۹c-f	۱/۰۴۳c-g	۰/۳۳۳e-h	۰/۶۷۰efg	۲۶/۰abc	۳۱/۳dce	۰/۰۸۳c-g	۰/۰۳۶f	۶/۲۰d-h
۴B	۶۱/۶۷a-d	۶۳/۳۰-d	۱۴/۳۷f	۰/۹۸۲d-g	۰/۳۴۳g-j	۰/۶۴۳fgh	۱۸/۰g-j	۲۸/۰c-f	۰/۰۴۳e-h	۰/۰۹۱g	۶/۹۰bcd
۴D	۶۶/۴۱a-d	۰/۶۵۱j	۱۶/۰def	۱/۲۲b-c	۰/۳۴۳g-j	۰/۶۴۰fgh	۲۱/۰d-h	۲۹/۳c-f	۰/۰۵۰e-i	۰/۰۴۱f	۶/۱۴e-i
۵A	۰۰/۷۰e	۴/۸۰k	۱۵/۷۴ef	۰/۸۸۲f	۰/۳۳۳f-i	۰/۰۲۰i	۱۶/۰ij	۲۶/۰ef	۰/۰۵۰e-h	۰/۰۰۰h	۰/۰۱۲hij
۵B	۶۴/۲۵a-d	۰/۸۰ghi	۱۵/۴۹ef	۰/۹۱۰d-g	۰/۳۳۰k	۰/۸۳۰c-f	۱۱/۰k	۳۰/۰cde	۰/۳۸۰g	۰/۰۹۱d-g	۶/۲۴d-h
۵D	۶۷/۳۳ab	۶/۱۱a-d	۱۵/۱۳ef	۱/۰۴۳c-g	۰/۶۶۱jkl	۰/۶۴۳fgh	۱۷/۰hij	۳۱/۰b-e	۰/۴۸۳f-j	۰/۰۸۱d-g	۶/۰۱f-i
۶A	۶۰/۱۶۷bcd	۶/۱۱a-c	۲۰/۰۵b-c	۱/۲۱۰bc	۰/۳۳۳j-k	۰/۸۳۸ab	۱۵/۰jkl	۳۳/۰bcd	۰/۶۸۳bcd	۱/۱۷۰ab	۰/۸۸۴f-i
۶B	۶۸/۴۱a	۷/۲۵a	۱۶/۷۹c-f	۱/۱۴۰bcd	۰/۰۱۲b	۰/۶۲۶f-i	۲۲/۰b-f	۲۸/۰c-f	۰/۰۷۷b	۰/۰۸۱d-g	۶/۷۷cde
۶D	۶۴/۰۵a-d	۶/۰۰abc	۲۸/۹۰a	۱/۰۱۰d-g	۰/۴۷b-b-e	۰/۰۳۳hi	۲۲/۰b-f	۲۷/۲def	۰/۶۰۰cde	۰/۶۰۰h	۲/۰۰k
۷A	۰۹/۱۶d	۶/۴۰c-g	۱۸/۶۷cde	۱/۱۹۱b-c	۰/۶۶۱jkl	۰/۹۳۰a	۲۲/۰c-g	۴۱/۳ab	۰/۴۵۰hij	۱/۲۳۰a	۶/۴۰c-g
۷B	۰۹/۱۶d	۰/۱۰۰jkl	۱۶/۸۹c-f	۱/۱۲۶bcd	۰/۴۶b-b-h	۰/۸۰۰d-g	۲۱/۳d-h	۳۰/۰cde	۰/۶۳۰cde	۰/۸۸۲d-g	۶/۲۷d-h
۷D	۶۶/۰۰۰a-d	۰/۹۱۶f	۱۴/۴۹ef	۱/۲۰b-c	۰/۴۶bcd	۰/۶۰۰ghi	۲۲/۰b-f	۲۶/۲ef	۰/۶۹۰bc	۰/۰۸۰g	۷/۴۱b
CH	۶۶/۷۹abc	۶/۱۸c-i	۱۷/۴۱c-f	۱/۰۳۲d-g	۰/۳۰۳h-k	۰/۸۳۰c-f	۱۵/۰jkl	۳۰/۰cde	۰/۴۷۳g-j	۰/۰۹۷d-g	۶/۰۲f-i
H	۶۴/۶۶۷a-d	۷/۱۵ab	۱۶/۲۲def	۱/۱۸b-c	۰/۴۶b-b	۰/۶۱۶f-i	۱۸/۳fj	۳۲/۰f	۰/۰۷۷b	۱/۰۴۰c-f	۶/۰۰c-g

جدول ۲- مقایسات میانگین صفات مورد بررسی در شرایط تنش آبی

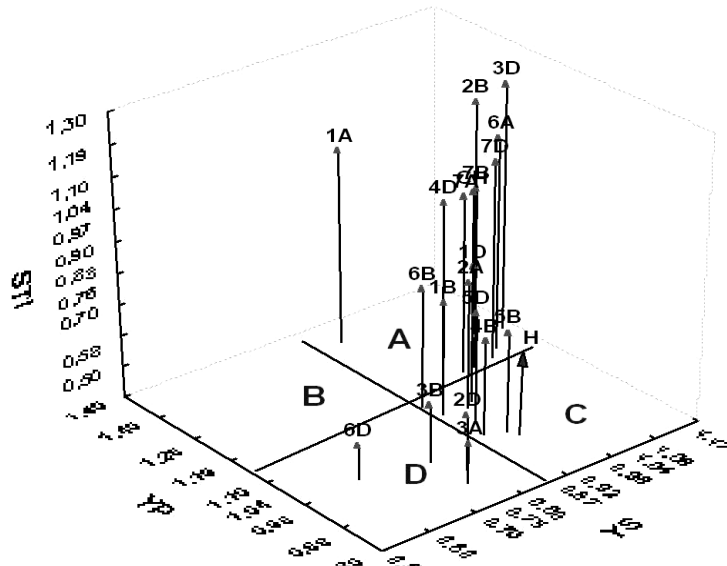
صنکدر بپوروی (گرم در یوق)	وزن خورف اصلی (گرم در خورف)	وزن خورف فرمی (گرم در خورف)	تعداد دانه در سنبله اصلی	تعداد دانه در سنبله فرمی	وزن دانه در سنبله اصلی (گرم در خورف)	وزن دانه در سنبله فرمی (گرم در خورف)	وزن دانه در سنبله فرمی (گرم در خورف)	مسنکدر دانه بدون تنش (گرم در یوق)	مسنکدر بردافت (درصد)	طول خورف (سانتی متر)	طول بوته (سانتی متر)	ژنوتپ
۷/۱۲۸	۰/۹۶۳۰-f	۰/۴۵۳۴-f	۲۸۳۰-f	۱۲/۳hi	۰/۶۴۳۰cde	۰/۲۷۳۳efg	۰/۹۱۶d-g	۱۲/۸ti	۰/۸۵b-f	۶۱/۰۵b-e	۶۱/۰۵b-e	۱A
۰/۸۵۰-f	۰/۸۳۶gh	۰/۴۶۳۰-h	۲۸۳۰-f	۱۶/۳fgh	۰/۵۹۰e	۰/۲۹۰ef	۰/۸۸۰e-h	۱۵/۱۲ghi	۰/۹۸۸-f	۵۹/۷b-e	۵۹/۷b-e	۱B
۶/۲۸bcd	۰/۸۳۶gh	۰/۵۹۰bcd	۳۱۰b-e	۲۲/۰a-d	۰/۵۸۳e	۰/۳۹۶bc	۰/۹۸۳cde	۱۵/۶f-i	۶/۱۱۸-f	۵۸/۸b-e	۵۸/۸b-e	۱D
۴/۳۹ij	۰/۸۰۶gh	۰/۵۰۳d-g	۲۸۳۰-f	۱۸۳d-g	۰/۵۸۳e	۰/۳۴۰f-c	۰/۹۶۶d-g	۲۱/۲abc	۰/۴۰۴fg	۵۸/۷b-e	۵۸/۷b-e	۲A
۵/۵۳ef	۰/۸۶۶gh	۰/۵۵۳def	۳۰/۳cde	۲۵/۰ab	۰/۶۳۳cde	۰/۴۸۶a	۱/۱۲۰abc	۲۰/۱۷b-e	۵/۶۵d-g	۶۱/۷b-e	۶۱/۷b-e	۲B
۴/۱۷jk	۰/۸۵۳hi	۰/۵۳۳def	۲۹/۶c-f	۱۸۳d-g	۰/۴۸۳fg	۰/۳۱۰def	۰/۹۶۳fgh	۱۹/۰۴c-f	۵/۶۷d-g	۵۴/۶۵e	۵۴/۶۵e	۲D
۴/۸۷ghi	۰/۸۳۶gh	۰/۳۶۶hi	۲۴/۷fgh	۹/۶i	۰/۵۷۶ef	۰/۱۹۳gh	۰/۸۷۰ghi	۱۵/۸۱f-i	۶/۶۵a	۵۵/۱۶cde	۵۵/۱۶cde	۳A
۵/۲۴fgh	۰/۸۳۶gh	۰/۶۸۲ab	۱۹/۶h	۲۱/۰cde	۰/۴۱۳g	۰/۳۴۰c-f	۰/۸۵۳hi	۱۴/۳hi	۵/۴۵efg	۵۴/۳e	۵۴/۳e	۳B
۴/۱۴jk	۰/۹۷۳cde	۰/۸۳۶a	۳۲/۷bc	۲۵/۳a	۰/۸۱۶bc	۰/۵۳۳a	۱/۲۰۳a	۳۰/۱۸a	۶/۷d-g	۶۳/۳b-e	۶۳/۳b-e	۳D
۴/۳۰ijk	۰/۸۵۰gh	۰/۴۱۳ghi	۲۷/۰def	۱۳/۳hi	۰/۶۳۳cde	۰/۲۶۳fgh	۰/۸۹۶d-h	۲۰/۹۶bcd	۶/۱۶a-e	۵۶/۷cde	۵۶/۷cde	۴B
۵/۳۱fgh	۱/۱۶۰a	۰/۴۵۶def	۴۱/۳a	۲۰/۷cde	۰/۸۶۶a	۰/۳۴۳c-f	۰/۹۸۳cde	۲۲/۹۳b	۶/۵۳ab	۶۶/۶abc	۶۶/۶abc	۴D
۵/۳۳fgh	۰/۹۰۳d-g	۰/۵۱۰d-g	۲۸۰c-f	۱۸۰efg	۰/۵۹۶e	۰/۳۴۳cde	۰/۹۴۳def	۱۷/۸d-h	۵/۷c-g	۶۵/۳bcd	۶۵/۳bcd	۵B
۵/۵۰efg	۰/۸۰۶gh	۰/۵۷۰cde	۳۱/۳b-e	۲۲/۰a-d	۰/۶۵۰cde	۰/۳۹۰cd	۰/۹۱۰d-g	۱۸/۹c-f	۶/۵۰abc	۷۶/۶۵a	۷۶/۶۵a	۵D
۵/۶۹def	۱/۰۹۶ab	۰/۵۰۶d-g	۳۱/۶bcd	۱۵/۳gh	۰/۸۹۲ab	۰/۳۳۰c-f	۱/۱۲۰abc	۱۹/۸b-f	۶/۳۸a-d	۶۲/۳b-e	۶۲/۳b-e	۶A
۴/۱۷hij	۰/۹۰۰efg	۰/۵۴۶def	۲۹/۰c-f	۱۰/۶i	۰/۶۶۳cde	۰/۲۰۶fgh	۰/۸۷۰e-h	۱۸/۵c-g	۶/۵۰abc	۶۲/۳b-e	۶۲/۳b-e	۶B
۳/۸۶k	۰/۶۷۰i	۰/۳۵۰i	۲۱/۳gh	۱۰/۰i	۰/۴۳۳g	۰/۱۹۰h	۰/۶۶۶i	۱۶/۹۳e-h	۵/۹۶a-f	۵۶/۷cde	۵۶/۷cde	۶D
۵/۴۵fg	۰/۸۹۳efg	۰/۵۷۳cd	۲۶۰efg	۱۹/۳def	۰/۶۱۳de	۰/۳۹۶bc	۱/۰۸۲bc	۱۸/۶c-g	۶/۵۳ab	۶۴/۸abcd	۶۴/۸abcd	۷A
۶/۶۸ab	۰/۸۳۶efg	۰/۶۶۳abc	۲۸۳۰-f	۲۲/۰d-a	۰/۶۳۰cde	۰/۴۷۶ab	۱/۱۰۶abc	۱۶/۵e-h	۵/۰۷۱g	۵۶/۶de	۵۶/۶de	۷B
۶/۴۷bc	۱/۰۳۳bc	۰/۸۱۰a	۳۶/۰ab	۲۴/۳abc	۰/۸۲۳bc	۰/۴۸۰a	۱/۰۸۰bc	۱۸/۵c-g	۵/۸۵b-f	۶۵/۵abcd	۶۵/۵abcd	۷D
۶/۱۷b-e	۱/۰۰۶bcd	۰/۶۶۰abc	۳۲/۷bc	۲۱/۳b-e	۰/۸۰۶bcd	۰/۴۷۳ab	۰/۸۷۶e-h	۱۹/۷b-f	۶/۱۱a-d	۶۷/۹ba	۶۷/۹ba	CH
۶/۵۵۰-g	۱/۰۲۰c-f	۰/۸۵۶b	۲۲/۶f	۱۷/۳f-j	۰/۶۰۶f-i	۰/۴۴۶b-f	۱/۱۱۲abc	۱۵/۲۲def	۷/۱۱ab	۶۲/۶۱a-d	۶۲/۶۱a-d	H

جدول ۳- ضرائب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش

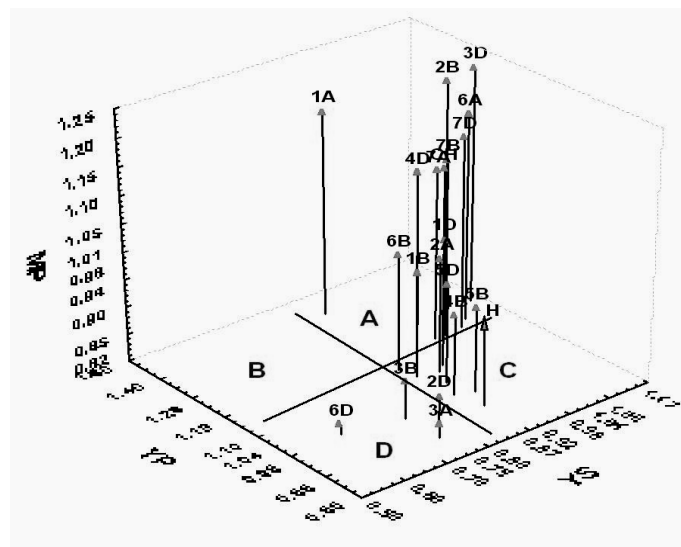
GMP	MP	TOL	STI	Yp	Ys	SSI
						Ys
					۰/۵۷۵***	Yp
				۰/۸۵۶***	۰/۹۰۸***	STI
			۰/۰۰۱ns	۰/۵۱۰***	-۰/۴۱۰***	TOL
		۰/۰۷۲ns	۰/۹۹۳***	۰/۸۹۴***	۰/۸۸۰***	MP
	۰/۹۹۷***	۰/۰۰۱ns	۰/۱۹۹***	۰/۸۶۰***	۰/۹۱۲***	GMP
-۰/۱۹۹ns	-۰/۱۳۳ns	۰/۹۶۴***	-۰/۱۹۴ns	۰/۳۱۸Ns	-۰/۵۸۰***	SSI

*** نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۰۱ و ns نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن است.

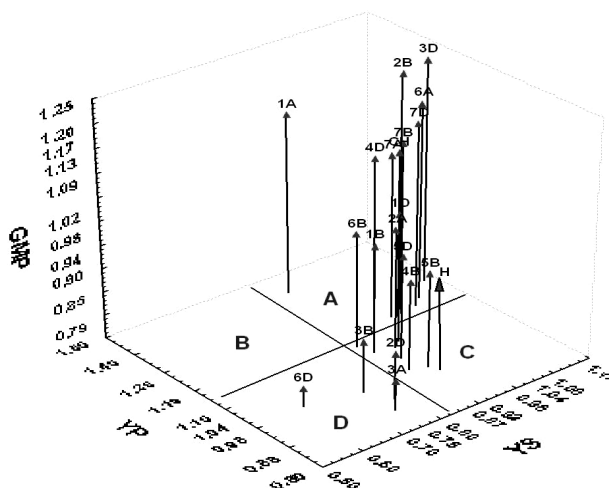
برای تعیین لاین‌های مقاوم به خشکی از نمودار سه‌بعدی استفاده شد. رابطه بین سه متغیر Y_p ، Y_s و یکی از شاخص‌های تحمل به خشکی که با عملکرد دانه در هر دو تیمار تنش و بدون تنش همبستگی بالایی نشان دادند (GMP و MP ، STI) بدست آمد (فرناندز، ۱۹۹۲؛ نورمند مؤید، ۱۹۹۷). با توجه به این سه معیار لاین‌های جایگزینی به چهار گروه A ، B ، C و D تقسیم شدند. مناسب‌ترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها تمیز دهد (فرناندز، ۱۹۹۲). بررسی نمودارهای سه‌بعدی شکل‌های (۱)، (۲) و (۳) Y_s ، Y_p و شاخص‌های GMP ، MP ، STI نشان داد که لاین‌های $1A$ ، $4D$ ، $6B$ ، $7A$ ، $7B$ ، $7D$ ، $6A$ ، $2B$ ، $3D$ و واریته بهاره چینی در گروه A قرار گرفته‌اند. قرار گرفتن لاین‌های جایگزین $1A$ ، $6B$ ، $4D$ ، $7A$ ، $7B$ ، $7D$ ، $6A$ ، $2B$ و $3D$ در یک گروه نشان‌دهنده آن است که در شرایط این آزمایش ژن‌های کنترل‌کننده عملکرد و تحمل به خشکی در سه ژنوم A ، B و D توزیع شده‌اند و از آن میان کروموزوم‌های $6B$ ، $4D$ ، $7A$ ، $7B$ ، $7D$ ، $6A$ ، $2B$ ، $3D$ و $1A$ از اهمیت بیشتری برخوردار هستند و می‌توان از آنها برای اصلاح ژنتیکی تحمل به تنش آبی بهره جست.



شکل ۱- نمودار سه بعدی STI، Ys و Yp



شکل ۲- نمودار سه بعدی MP، Yp و Ys



شکل ۳- نمودار سه بعدی GMP، Ys و Yp

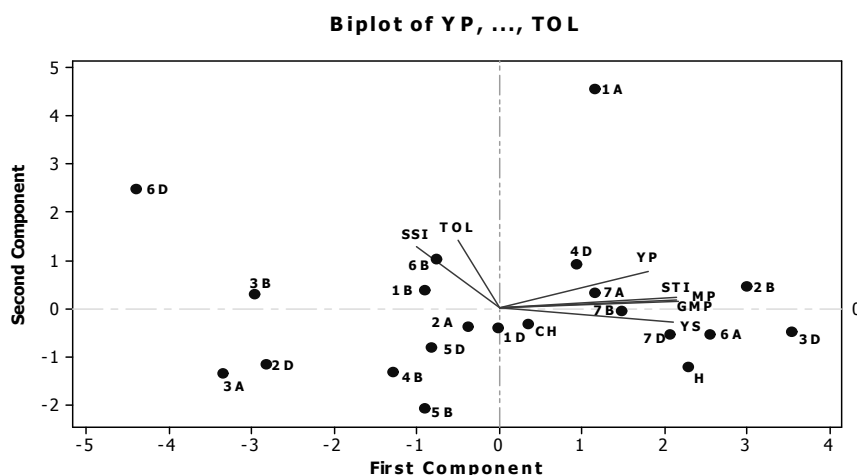
در یک نمودار سه بعدی فقط رابطه بین سه متغیر را می‌توان بررسی کرد. برای بررسی رابطه بین بیش از سه متغیر از یک نمودار چندمتغیره موسوم به بای‌پلات استفاده می‌شود (فرناندز، ۱۹۹۲؛ گلستانی و پاک نیت، ۲۰۰۷). برای این منظور از تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شد (جدول ۴). بای‌پلات مربوطه بر مبنای دو مولفه اول و دوم که ۹۸/۵ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه می‌کند، رسم گردید (شکل ۴) و در فضای بای‌پلات ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد تحمل آنها به کمبود آب است. جدول ۴ نشان داد که ۶۸/۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها مربوط به اولین مولفه است که دارای ارتباط مثبت با عملکرد در شرایط بدون تنش و ارتباط منفی با دو شاخص SSI و TOL است. با توجه به این که پائین بودن میزان این شاخص‌ها مطلوب است، لذا اگر مقدار مولفه اول را در نظر بگیریم، لاین‌هایی برگزیده می‌شوند که در شرایط بدون تنش و تنش دارای عملکرد بالا با SSI و TOL پائینی هستند و به عبارت دیگر این مولفه قادر به جداسازی ارقام پر محصول از ارقام کم محصول است و بنابراین می‌توان آن را به‌عنوان مولفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی در نظر گرفت. دومین مولفه اصلی ۳۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کند. این مولفه با عملکرد در محیط تنش همبستگی منفی و با شاخص‌های SSI و TOL همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری دارد. بنابراین این مولفه قادر به جداسازی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی از ژنوتیپ‌های حساس به خشکی می‌باشد. به عبارت دیگر با پائین در نظر گرفتن آن، می‌توان

ژنوتیپ‌هایی را انتخاب نمود که دارای TOL و SSI پائین و عملکرد تنش بالا باشند و برعکس. به همین علت می‌توان مولفه دوم را به‌عنوان مولفه حساسیت به خشکی نامگذاری کرد.

جدول ۴- مقادیر ویژه و بردار ویژه ۷ شاخص تحمل به خشکی برای ۲۱ لاین

مولفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	TOL	SSI	STI	GMP	MP	Yp	Ys
۱	۴/۷۹۵۲	۶۸/۵	-۰/۱۰۴	-۰/۲۰۹	۰/۴۵۱	۰/۴۵۲	۰/۴۴۸	۰/۳۷۷	۰/۴۴۲
۲	۲/۳۷۳۶	۹۸/۵	۰/۶۷۰	۰/۶۰۹	۰/۰۷۸	۰/۰۷۲	۰/۱۱۱	۰/۳۷۱	-۰/۱۳۶
۳	۰/۰۲۰۲	۹۹/۷	۰/۰۶۱	۰/۰۲۷	۰/۳۶۹	۰/۳۳۳	۰/۳۴۱	-۰/۰۹۲	-۰/۰۳۱
۴	۰/۰۰۴۹	۱۰۰	۰/۲۰۷	-۰/۲۷۴	۰/۸۰۸	-۰/۲۹۰	۰/۸۰۸	-۰/۰۹۵	-۰/۲۹۸
۵	۰/۰۰۰۲	۱۰۰	۰/۰۸۵	-۰/۰۷۹	۰/۰۰۶	۰/۸۳۵	۰/۰۰۶	-۰/۲۴۷	-۰/۳۴۴
۶	۰/۰۰۰۰	۱۰۰	۰/۵۳۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۴۹۵	۰/۶۶۰
۷	۰/۰۰۰۰	۱۰۰	-۰/۱۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

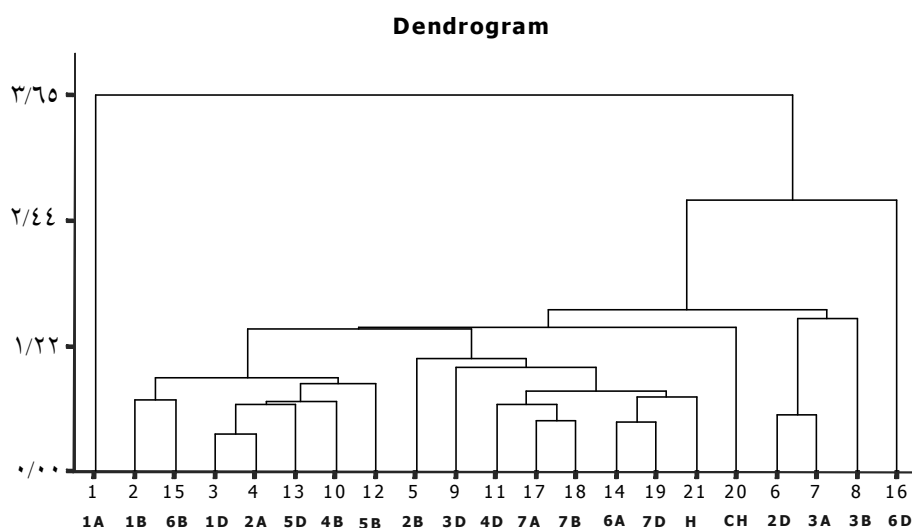
نمودار بای‌پلات نشان داد که لاین‌های جایگزینی 7A, 2B, 3D, 6A, 7B, 7D و وارپته هوپ در ناحیه با عملکرد بالا و حساسیت پائین به تنش قرار گرفته‌اند، لذا می‌توان گفت که ژن‌های کنترل‌کننده تحمل به خشکی بر روی کروموزوم‌های 7A, 2B, 3D, 6A, 7B و 7D قرار گرفته‌اند. لاین‌های 1B و 3B, 6B, 6D در ناحیه با عملکرد پائین و حساسیت بالا به تنش قرار دارند. این نحوه توزیع لاین‌ها در فضای بای‌پلات نشان‌دهنده آن است که در بین لاین‌ها از نظر تنش تنوع ژنتیکی وجود دارد و به‌علاوه ژن‌های کنترل‌کننده تحمل و حساسیت به تنش در کروموزوم‌های مختلفی توزیع شده‌اند. بنابراین نتایج حاصل از بای‌پلات، نتایج حاصل از نمودار سه بعدی را مورد تأیید قرار داد. نمودار بای‌پلات (شکل ۴) همچنین نشان داد که دو شاخص SSI و TOL با عملکرد در شرایط تنش همبستگی منفی دارند. همچنین شاخص‌های MP, STI و GMP با عملکرد در هر دو شرایط بدون تنش و تنش همبستگی مثبت دارند (زاویه کمتر از منفرجه) خود شاخص‌های برتر سه گانه نیز همبستگی مثبت بالایی دارند.



شکل ۴- نمودار چند متغیره بای پلات

لاین‌ها با توجه به سه شاخص STI، GMP و MP و با استفاده از روش UPGMA گروه‌بندی شدند و دندروگرام مربوطه رسم گردید (شکل ۵). بیشترین تحمل مربوطه به لاین‌های 6A، 7A، 3D، 4D، 7B، 2B و 7D و وارسته هوپ بود که با هم در یک گروه قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز نتایج حاصل از روش‌های قبل را مورد تأیید قرار داد.

مورگان (۱۹۹۱) و رید و والکر (۱۹۹۳) در مطالعات جداگانه‌ای به این نتیجه رسیدند که ژن‌های کنترل‌کننده تنظیم اسمزی که یکی از شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم است بر روی کروموزم 7A قرار دارند که نتایج حاصل از این آزمایش را تأیید می‌کند. در مطالعه دیگری که توسط گالی با (۱۹۹۴) بر روی لاین‌های جایگزینی صورت گرفت کروموزم 7A به‌عنوان مسئول کنترل شاخص‌های متابولیکی تحمل به خشکی معرفی شد. در مطالعه‌ای که توسط فرشادفر و همکاران (۱۹۹۵) بر روی لاین‌های جایگزینی گندم صورت گرفت، کروموزوم‌های 7A، 1B و 6D به‌عنوان کروموزوم‌های حامل بیشتر ژن‌های کنترل‌کننده تحمل به خشکی معرفی شدند. کردنیج و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه بر روی ۱۱۸ لاین نوترکیب گندم گزارش نمودند که کروموزم 4D دارای بیشترین ژن‌های کنترل‌کننده تحمل به خشکی می‌باشد.



شکل ۵- دندروگرام حاصل از معیارهای GMP,STI و MP

تشکر و قدردانی

در پایان از آقایان کریم سرخه و علی آرمینیان دانشجویان مقطع دکتری که در ویرایش نهایی مقاله کمک نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

- Cattivelli, L., Baldi, P., Crosatti, C., Di Fonzo, N., Faccioli, P., Grossi, M., Mastrangelo, M., Pecchioni, N. and Stanca, M. 2002. Chromosome regions and stress related sequences involved in resistance to abiotic stress in Triticeae, *Plant Mol Biol.* 48:649-665.
- Dashti, H., Yazdi-Samadi, B., Ghannadha, M.R., Abd-Mishani, C. and Sarafi, A. 2001. Identification of chromosomes contributing to cold resistance in winter wheat by using substitution lines. *Iran. J. Agric. Sci.* 32: 355-365
- Ehdaie, B. 1993. Selection for drought tolerance in wheat. *Proceed. 1st Agron. Plant Breed Cong. Agric facul, Tehran Univ, Iran.*
- Elias, E.M., Steiger, O.K. and Cantrell, A.G. 1996. Evaluation of lines derived from wild emmer chromosome substitutions: II. Agronomic traits. *Crop Sci.* 36: 228-233.
- Eskidge, K.M., Shah, M.M., Baenzlger, P.S. and Travnicek, O.A. 2000. Correcting for classification errors when estimating the number of genes using recombinant inbred chromosome lines. *Crop Sci.* 40: 398-403.
- Farshadfar, E., Koszegi, B., Tischner, T. and Sutka, J. 1995. Substitution analysis of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Breed.* 114: 542-548

- Farshadfar, A. 1998. Genetical analyses methods for drought tolerance in plant breeding. Proceed. 4th Agron. Plant Breed Cong. Agric facul, Industrial Univ, Isfahan-Iran.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceed. Sym. Taiwan, 13-16 Aug.
- Fischer, R.A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses. Aus. J. Agric. Res. 29: 897-912.
- Galiba, G. 1994. In vitro adaptation for drought and cold hardiness in wheat. Plant Breed Rev. 12: 115-162.
- Ghasemphour, H.R. and Kianian, J. 2007. The study of desiccation –tolerance in drying leaves of the desiccation –tolerance grass *Sporobolus elongates* and the desiccation-sensitive grass *Sporobolus pyramidalis*. Pak. J. Biol. Sci. 10: 797-801.
- Golabadi, M., Arzani, A. and Mirmohammadi Maibody, S.A.M. 2006 Assessment of Drought Tolerance in Segregating Populations in Durum Wheat. African J. Agric Res. 1: 162-171
- Golestani, M. And Pakniat, H. 2007. Assessment of criteria of drought resistance in sesame lines. Nat Res. Agric Sci. 11: 141-149.
- Hittalmani, S., Huang, N.B., Courtois, R., Venuprasad, H.E., Shashidhar, J.Y., Zhuang, K.L., Zheng, G.F., Liu, G.C., Wang, J.S., Sidhu, S., Srivantaneeyakul, V.P., Singh, P.G., Bagali, H.C., Prasanna, G. and Khush, G.S. 2003. Identification of QTL for growth and grain yield-related traits in rice across nine locations of Asia. Theor. Appl. Gen. 107: 679–90.
- Imamjomeh, A. 1999. Determination of genetic distance using RAPD-PCR and evaluation of drought tolerance indices and adaptation analysis in Chickpea genotypes. M.Sc thesis, Agric facul, Razi Univ, Iran.
- King, I.P., Orford, S.E., Cant, K.A., Reader, S.M. and Miller, R.E. 1996. An assessment of the salt tolerance of wheat *Thinopyrum bessarabicum* 5E addition and substitution lines. Plant Breed. 115: 77-78.
- Kirigwi, F.M., Van Ginkel, M., Trethowan, R., sears, R.G., Ranjaram, S. and Paulsen, G.M. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat across water regimes. Euphytica. 135: 361-371.
- Klindworth, D.L., Hareland, G.A., Elias, E.M., Faris, J.D., Chao, S. and Xu S.S. 2009. Agronomic and quality characteristics of two new sets of Langdon durum-wild emmer wheat chromosome substitution lines. J. Cer Sci. 50: 29–35
- Koebner, R.M.D., Martin, P.K. Orford, S.M. and Miller, T.E. 1996. Responses to salt stress by the homoeologous group 5 chromosomes of hexaploid wheat. Plant Breed. 115: 81-84.
- Kordenaeej, A. 2008. Mapping QTLs for yield and yield components under drought stress in bread wheat. Dissertation for a doctorate degree, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, Australia, p 97.
- Kristin, A.S., Serna, R.R., Perez, F.r., Enriquez, B.C., Gallegos, J.A.A., Vallejo, P.R., Wassimi, N. and Kelly, J.O. 1997. Improving common bean

- performance under drought stress. *Crop Sci.* 37: 51-60.
- Law, C.N. 1965. The location of genetic factors affecting a quantitative character in wheat. *Gen.* 33: 487-498.
- Law, C.N. 1967. The location of genetic factors controlling a number of quantitatives in wheat. *Gen.* 55: 445-461.
- Lupton, F.G.H. 1987. *Wheat breeding*. Chapman and Hall. London.
- Maleki, A., Babaei, F., Cheharsooghi Amin, H., Ahmadi, J. and Asadi Diziji, A. 2008. The study of seed yield stability and drought tolerance indices of bread wheat genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. *Res J. Biol Sci.* 3: 841-848.
- Maarofi, A. 1998. Identification of chromosomes locations contributing to drought tolerance in wheat. M.Sc thesis, Agric facul, Razi Univ, Iran.
- Morgan, M. 1991. A gene controlling differences in osmoregulation in wheat. *Asian. J. Plant Physiol.* 18: 249-257.
- Motsnyi, I.I., Fayt, V.I. and Blagodarova, E.M. 2009. Identification and Characteristics of the 1R(1B) Substitution Lines of Bread Wheat. *Cytol. Gen.* 43: 169-176.
- Nourmand Moayyed, F. 1997. investigation of quantitative trait variation and their relationship wheat yield at irrigated and non-irrigated environments and determination of the best drought tolerance indice. M.Sc thesis, Agric faculty, Tehran Univ, Iran
- Quarrie, S.A., Stojanovic, J. and Pekic, S. 1999. Improving drought tolerant in small-grain cereals: A case study, progress and prospects. *Plant Growth Reg.* 29: 1-21.
- Quarrie, S.A., Steed, A., Calestani, C., Semikhodskii, A., Lebreton, C., Chinoy, C., Steele, N., Pljevljakusic, D., Waterman, E., Weyen, J., Schondelmaier, J., Habash, D.Z., Farmer, P., Saker, L., Clarkson, D.T., Abugalieva, A., Yessimbekova, M., Tururuspekov, Y., Abugalieva, S., Tuberosa, R., Sanguineti, M.C., Hollington, P.A., Aragues, R., Royo, A. and Dodig, D. 2005. A high density genetic map of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) from the cross Chinese Spring × SQ1 and its use to compare QTLs for grain yield across a range of environments. *Theo. Appl Gen.* 110:865-880
- Quarrie, S.A., Quarrie, S.P., and Radosevic, R. 2006. Dissecting a wheat QTL for yield present in a range of environments: From the QTL to candidate genes. *J. Exp Bot.* 11: 2627-2637.
- Ried, J.L. and Walker-Simmons, M.K. 1993. Group 3 late embryogenesis abundant proteins in desiccation-tolerant seedlings of wheat. *Plant. Physiol.* 102: 125-131.
- Rosielle, A.A. and Hambling, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environments. *Crop Sci.* 21: 943-946.
- Sorkheh, K., Shiran, B., Gradziel, T.M., Epperson, B.K., Martinez-Gomez, P. and Asadi, E. 2007. Amplified fragment length polymorphism as a tool for molecular characterization of almond germplasm: genetic diversity among cultivated genotypes and related wild species of almond and its relationships with agronomic traits. *Euphytica*, 156: 327-344.



Chromosomal localization of the genes controlling quantitative traits of drought resistance in wheat using substitution lines

* S.S.Mosavei¹, S.Houshmand², Sh.Mohammadi³ and M.Khodambashi⁴

¹M.Sc. Student of Plant Breeding, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, ²Assistant Prof., of Plant Breeding, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, ³Assistant Prof., of Plant Breeding, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, ⁴Assistant Prof., of Plant Breeding, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran

Abstract

The first step in identification of genes which control traits in stress and no stress conditions is localization of chromosomal related to traits. In order to locate the genes controlling drought resistance and screening quantitative indices of drought resistance in wheat, substitution line series of Hope into the genetic background of Chinese Spring (CS) were tested in a randomized complete block design with three replications under two irrigated and water stress conditions. Based on the potential (Y_p) and stress (Y_s) grain yield, criteria of drought tolerance such as: mean productivity (MP), tolerance index (TOL), geometric mean productivity (GMP), stress susceptibility index (SSI) and stress tolerance index (STI) were estimated. The results exhibited high significant differences among the lines for traits studied indicating the presence of genetic variation and possibility of determination of the genes controlling these traits on the related chromosomes. The results of mean comparison showed that most of the genes controlling yield and yield components in the non-irrigated conditions are located on the chromosomes 6A, 7A, 3D, 2B, 7D and 7B. The results of correlation analysis between indices, potential and stress yield showed that the most suitable criteria for screening substitution lines were MP, GMP and STI. Evaluation of biplot and three dimensional plots indicated that most of the genes controlling MP, GMP and STI are located on chromosomes 1A, 6B, 4D, 7A, 7B, 7D, 6A, 2B and 3D. To determine the genetic distance and to group the substitution lines, cluster analysis showed that the substitution lines 6A, 7A, 3D, 4D, 7D, 7B, 2B and Hope were in one group supporting the results of 3-D and biplot that they can be used for improvement of drought tolerance in Wheat.

Keywords: Drought tolerance, Drought tolerance index, Wheat, Chromosome substitution lines.

* - Corresponding Author; Email: sadeghmosavifard@gmail.com